

## Teores de nutrientes e metais pesados em plantas de estragão submetidas a diferentes fertilizações<sup>1</sup>

Levels of nutrients and heavy metals in tarragon plants under different fertilizers

Affonso Celso Gonçalves Jr.<sup>2\*</sup>, Mayara Mitiko Yoshihara<sup>3</sup>, Endrigo Antonio de Carvalho<sup>3</sup>, Leonardo Strey<sup>4</sup> e Alice Jacobus de Moraes<sup>5</sup>

**RESUMO** - O cultivo e a utilização de plantas medicinais têm acompanhado a evolução do ser humano desde a antiguidade, assim como o desenvolvimento de técnicas de manejo e cultivo das mesmas. Na busca pela sustentabilidade dos agroecossistemas, o uso de fontes de fertilizantes que forneçam os nutrientes necessários às culturas, deve ser feito de modo a causar o menor impacto ambiental possível. Objetivou-se com este trabalho, avaliar a disponibilidade dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn, e dos metais pesados Cd, Pb e Cr em plantas de estragão (*Artemisia dracunculus*) submetidas a diferentes fertilizações, orgânica (composto a base de dejetos suíno) e mineral, em Argissolo Vermelho distrófico (PVD). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (2x3), sendo duas fontes e três doses de fertilização (sem fertilização, dose recomendada e o dobro da dose recomendada) totalizando seis tratamentos com quatro repetições. Os resultados obtidos demonstraram que tanto as fontes, quanto as doses de fertilização influenciaram na disponibilidade dos elementos avaliados nas plantas. O fertilizante orgânico disponibilizou maiores concentrações de Cu e Mn. A fertilização mineral disponibilizou maiores teores dos nutrientes N e K. Os metais pesados Cd e Cr não apresentaram concentrações dentro do limite de detecção do método utilizado.

**Palavras-chave:** Plantas medicinais. *Artemisia*. Fertilização de plantas.

**ABSTRACT** - The cultivation and use of medicinal plants has accompanied the evolution of mankind since antiquity, together with the development of techniques for their cultivation and management. In the search for sustainability of agroecosystems, the use of sources for fertiliser that provide the necessary nutrients for crops should be handled so as to cause the least possible environmental impact. The aim of this study was to evaluate the availability of N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe and Mn, and the heavy metals Cd, Pb and Cr, in tarragon plants (*Artemisia dracunculus*) subjected to different fertilisers, organic (swine-manure based compost) and mineral, in a dystrophic Red Argisol (PVD). The experimental design was completely randomised (DIC) in a 2 x 3 factorial scheme, comprising two sources and three levels of fertilisation (no fertilisation, recommended dose and double the recommended dose), giving a total of six treatments with four replications. The results showed that the source as well as the level of fertiliser influenced availability of the elements under evaluation in the plants. The organic fertilizer provided higher concentrations of Cu and Mn. Mineral fertilisation provided higher levels of the nutrients N and K. The heavy metals Cd and Cr showed no concentrations within the limits of detection for the method used.

**Key words:** Medicinal plants. *Artemisia dracunculus*. Fertilization of plants.

DOI: 10.5935/1806-6690.20150002

\* Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 26/01/2012; aprovado em 29/11/2014

Pesquisa realizada com recursos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná/UNIOESTE

<sup>2</sup>Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR, Brasil, affonso133@hotmail.com

<sup>3</sup>Zootecnista, Universidade Estadual do Oeste do Paraná/UNIOESTE, mayara\_mitiko@hotmail.com, endrigo.carvalho@hotmail.com

<sup>4</sup>Engenheiro agrônomo, Universidade Estadual do Oeste do Paraná/UNIOESTE, xernoque@hotmail.com

<sup>5</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná/UNIOESTE, alicemoraes@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

*Artemisia* é um gênero importante da família Asteraceae, amplamente distribuídos por todo o mundo, com cerca de 800 espécies. Este gênero é industrialmente importante devido às suas propriedades inseticidas, antifúngicas, antibacterianas, alelopáticas, dentre outras (VED; GORAYA, 2007). Seu desenvolvimento ocorre em temperaturas de 7 a 17 °C, com precipitação anual de 300 a 1.300 milímetros e pH do solo entre 4,9 e 8,0 (YAICHIBE; MASANORI; KENICHI, 1997). Dentre as espécies deste gênero, o estragão (*Artemisia dracunculoides* L.) tem uma longa história de uso em tradições culinárias. Além disso, possui também uma vasta gama de benefícios para a saúde e, por isso, é amplamente utilizado para fins medicinais (OBOLSKIY *et al.*, 2011).

Os principais princípios ativos presentes em sua estrutura são o metil chavicol, limoneno, sabineno e  $\beta$ -ocimeno (JANJAI; TUNG, 2005). Além disso, tem se destacado como efetivo inibidor frente a várias bactérias, principalmente *Salmonella sp.*, em triagens de antimicrobianos naturais de origem vegetal (CARVALHO; WIEST; GRECO *et al.*, 2006).

Segundo Mattos (2000), é de suma importância que pesquisas fitotécnicas voltadas ao manejo ou cultivo de plantas medicinais sejam mais desenvolvidas, considerando-se a sua utilização pelo homem e a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas.

Em vista disso, para a sustentabilidade dos agroecossistemas, devem ser utilizadas fontes de fertilização que visem fornecer os nutrientes necessários às plantas de modo a causar o menor impacto ambiental possível, tornando-se necessário avaliar os benefícios e os prejuízos causados pela fertilização orgânica e mineral (FREIRE, 2004).

Tais prejuízos podem ser decorrentes da contaminação dos agroecossistemas por metais pesados como o cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr), muitas vezes depositados nestes ambientes por meio dos fertilizantes utilizados na agricultura. Estes metais, muitas vezes, podem atingir a cadeia trófica, ocasionando sérios problemas de saúde aos humanos e animais, sendo necessária a busca por formas de adubação alternativas que visem a minimização destes impactos (MALEKI; ZARASVAND, 2008).

A fertilização orgânica compreende o uso de resíduos orgânicos de origem animal, vegetal, agroindustrial e outros com a finalidade de aumentar a produtividade das culturas, promovendo a reciclagem destes resíduos, o que possibilita maior autonomia dos produtores em face ao comércio de insumos, podendo proporcionar grande efeito residual. Assim, o mercado de produtos orgânicos

vem crescendo no Brasil e no mundo a uma taxa de até 50% ao ano, devido, principalmente, aos elevados custos dos adubos minerais (SANTOS *et al.*, 2001).

Desta forma, objetivou-se com o presente estudo determinar a fitodisponibilidade dos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn), e dos metais pesados cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr) em plantas de estragão (*Artemisia dracunculoides*), submetidas a diferentes tratamentos com fertilização orgânica, utilizando um composto a base de dejetos suínos, e adubação mineral, em um Argissolo Vermelho distrófico (PVd).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Horticultura e Cultivo Protegido da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, no município de Marechal Cândido Rondon, PR.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (2x3), sendo duas formas de fertilização (mineral e orgânica) e três doses: sem fertilização (D0), dose recomendada (D1) e o dobro da dose recomendada (D2) totalizando seis tratamentos com quatro repetições dispostos em 24 vasos plásticos com capacidade para 5 kg de solo cada.

O solo utilizado para preenchimento dos vasos foi coletado em uma camada agricultável de 0-20 cm de profundidade no município de Palotina - PR e classificado como Argissolo Vermelho distrófico (PVd) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006).

A granulometria do solo (areia, silte e argila) foi conforme metodologia proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997). Os resultados da análise granulométrica encontram-se na Tabela 1.

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados da análise química do solo realizada antes da implantação do experimento conforme metodologia proposta por Pavan *et al.* (1992).

**Tabela 1** - Análise granulométrica do Argissolo Vermelho distrófico (PVd)

Argila	Silte	Areia
-----g kg <sup>-1</sup> -----		
60,00	50,78	889,22

**Tabela 2** - Análise química do Argissolo Vermelho distrófico (PVd)

P <sub>Mehlich</sub>	MO	pH CaCl <sub>2</sub>	H+Al	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V
mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	0,01 mol L <sup>-1</sup>		----- g kg <sup>-1</sup> -----			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			%
2,19	6,84	4,46	2,81	0,15	0,04	0,60	0,16	0,80	3,61	22,16

LQ (limites de quantificação): P = 0,01; K = 0,01; Ca = 0,005; Mg = 0,005

**Tabela 3** - Teores de metais pesados no Argissolo Vermelho distrófico (PVd)

Cu	Zn	Fe	Mn	Cd	Pb	Cr
----- g kg <sup>-1</sup> -----						
2,80	72,00	8,61	0,60	1,00	20,00	ND*

\* ND - Não detectado pelo método EAA/Chama. LQ (limites de quantificação): Cu = 0,005; Fe = 0,01; Mn = 0,01; Zn = 0,005; Cd = 0,005; Pb = 0,01; Cr = 0,01

As doses dos adubos mineral e orgânico foram baseadas na análise química do solo e na recomendação de Raij *et al.* (1997). As quantidades aplicadas (recomendada e o dobro da dose recomendada) do fertilizante mineral encontram-se na Tabela 4. As fontes de N, P e K utilizadas foram sulfato de amônio P.A. ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), cloreto de potássio P.A. (KCl) e fosfato monoamônico P.A. (MAP), respectivamente.

Quanto à fertilização orgânica, recomenda-se, para plantas medicinais, de 20 a 50 Mg ha<sup>-1</sup> de composto orgânico (RAIJ *et al.*, 1997). Desta forma, baseando-se no resultado da análise química de solo, a dose recomendada foi de 40 Mg ha<sup>-1</sup> e o dobro da dose recomendada de 80 Mg ha<sup>-1</sup> de composto orgânico, o qual foi preparado a partir de dejetos suínos obtidos de um tanque de decantação, secos ao sol, e de massa proveniente de corte de grama, conforme metodologia descrita por Instituto Centro de Ensino Tecnológico (2004).

O composto orgânico foi analisado quimicamente por meio de digestão sulfúrica e nitroperclórica (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, 2005) seguido de determinação do N por meio de destilação em Microdestilador Kjeldhal, Espectrofotometria de Ultravioleta Visível (UV-VIS) para determinação de P e espectrometria de absorção

atômica, modalidade chama (EAA/chama) para determinação de K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn Cd, Pb e Cr (WELZ; SPERLING, 1999). Os teores dos metais pesados Cd, Pb e Cr no fertilizante mineral foram determinados por meio de digestão nitroperclórica seguida por determinação em espectrometria de absorção atômica, modalidade chama (EAA/chama). Os resultados são apresentados na Tabela 5.

O solo utilizado no experimento foi peneirado em granulometria de 5 mm, sendo realizada a calagem 30 dias antes do plantio para elevação da saturação por bases a 50%, utilizando para isso, calcário calcítico como corretivo.

Foram semeadas cerca de 10 sementes de estragão por vaso e, no sétimo e décimo quinto dia após a semeadura, após a completa germinação das plantas, realizou-se o desbaste restando apenas quatro plantas por vaso. O controle de plantas invasoras foi realizado diariamente, e não houve necessidade de controle de pragas ou doenças na cultura. Os vasos foram regados diariamente visando manter a capacidade de campo do solo.

Aos 60 dias de cultivo as plantas foram cortadas rente ao solo, de modo a obter-se somente a parte aérea das mesmas. Em seguida foram lavadas com água corrente e com água destilada e deionizada no Laboratório

**Tabela 4** - Doses do fertilizante mineral utilizado no experimento

Doses	N	P	K
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
D1	30	120	80
D2	60	240	160

**Tabela 5** - Análise química do composto orgânico e teores dos metais pesados Cd, Pb e Cr no fertilizante mineral

Adubo	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Cd	Pb	Cr
	-----g kg <sup>-1</sup> -----					-----mg kg <sup>-1</sup> -----						
Orgânico	13,13	10,83	2,00	41,30	5,20	314,00	250,00	416,00	536,00	2,00	62,00	17,00
Mineral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,7	32,1	14,7

LQ (limites de quantificação): N = 0,10; P = 0,01; K = 0,01; Ca = 0,005; Mg = 0,005; Cu = 0,005; Fe = 0,01; Mn = 0,01; Zn = 0,005; Cd = 0,005; Pb = 0,01; Cr = 0,01

de Química Ambiental e Instrumental da Unioeste. Após a lavagem, o material vegetal foi seco em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C até atingir peso constante (LACERDA; FREITAS; SILVA, 2009).

Após a secagem, as mesmas foram moídas em moinho tipo Wiley com granulometria média de 2 mm. As amostras foram submetidas à digestão sulfúrica e nitroperclórica (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, 2005) seguido de determinação do N por meio de destilação em Microdestilador Kjeldhal, Espectrofotometria de Ultravioleta Visível (UV-VIS) para determinação de P e espectrometria de absorção atômica, modalidade chama (EAA/chama) para determinação de K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn Cd, Pb e Cr (WELZ; SPERLING, 1999).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao Teste de Tukey considerando 5% de probabilidade para verificar o efeito dos tratamentos em relação à disponibilidade dos elementos avaliados na cultura do estragão e às variáveis biométricas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as fontes de fertilização utilizadas neste experimento foram encontradas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) apenas para os elementos N, K, Cu e Mn nas plantas de estragão (Tabelas 6 e 7).

As doses das duas fontes de fertilização utilizadas neste experimento (sem fertilização, dose recomendada e dobro da dose recomendada) apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para os elementos N, P, Ca, Cu, Fe e Mn (Tabelas 6 e 7).

Na interação entre dose e fertilização observou-se diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para os teores de N, P, K, Ca, Cu, Zn, Fe, Mn e Pb.

Podem ser observados que, para todas as avaliações, os valores de Cd e Cr (Tabela 7) foram inferiores ao limite de detecção para o método utilizado. Esse fato pode ser explicado levando em consideração que, para as análises químicas das plantas, utilizou-se apenas a parte aérea das mesmas e o acúmulo de metais pesados nestas, tem grande variação de um determinado órgão para outro, onde normalmente a raiz é o principal órgão de acesso e acumulação desses elementos.

Na Tabela 8 pode-se observar que os nutrientes N e K apresentaram maior concentração quando utilizado o fertilizante mineral, já as concentrações de Cu e Mn foram maiores quando utilizado o fertilizante orgânico.

Parte do N presente em fertilizantes orgânicos resiste à rápida mineralização, tornando-se disponível somente para as culturas subsequentes (SANTOS *et al.*, 2001), ainda conforme o autor, os incrementos de produtividade proporcionados por fertilizantes orgânicos, embora menos imediatos e marcantes do

**Tabela 6** - Quadrados médios dos teores de N, P, K, Ca e Mg nas plantas de estragão

Fontes de variação	GL	N	P	K	Ca	Mg
		-----QM-----				
Fertilização	1	300,19*	0,27 <sup>NS</sup>	475,26*	0,28 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>
Dose	2	294,00*	8,76*	165,81 <sup>NS</sup>	13,23*	0,13 <sup>NS</sup>
Fertilização x Dose	2	313,14*	19,63*	126,36*	2,49*	0,11 <sup>NS</sup>
Resíduo	18	15,31	0,73	82,56	2,19	0,29
CV (%)	-	9,36	22,27	19,29	10,29	13,90

\*significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F. <sup>NS</sup> - não significativo pelo teste de F

**Tabela 7** - Quadrados médios dos teores e Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb e Cr nas plantas de estragão

Fontes de variação	GL	Cu	Zn	Fe	Mn	Cd	Pb	Cr
		QM						
Fertilização	1	148,50*	2,67 <sup>NS</sup>	2521,50 <sup>NS</sup>	239400,37*	ND	40,04 <sup>NS</sup>	ND
Dose	2	321,62*	47,54 <sup>NS</sup>	11425,04*	37933,79*	ND	9,37 <sup>NS</sup>	ND
Fertilização x Dose	2	18,64*	172,04*	1767,12*	50936,62*	ND	17,79*	ND
Resíduo	18	17,83	21,56	874,67	1242,10	ND	9,29	ND
CV(%)	-	23,44	15,02	51,96	13,93	ND	31,67	ND

\*, significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F. <sup>NS</sup> - não significativo pelo teste de F. ND - Não detectado pelo método EAA/Chama

**Tabela 8** - Médias das concentrações de N, K, Cu e Mn nas plantas de estragão em função das fontes de fertilização utilizadas

Fertilizantes	N	K	Cu	Mn
	g kg <sup>-1</sup>		mg kg <sup>-1</sup>	
Mineral	45,36 a	51,55 a	15,52 b	153,08 b
Orgânico	38,28 b	42,65 b	20,50 a	352,83 a
DMS	3,36	7,79	3,62	30,23

Para cada tipo de fertilização, médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa

que os obtidos com os minerais, apresentam maior aporte de nutrientes, e pelo estímulo do crescimento radicular, o uso de compostos orgânicos não só suprem as plantas com quantidades consideráveis de nutrientes, mas contribuem para manter a fertilidade natural, o que envolve os ciclos biológicos dos nutrientes nas terras cultivadas, prevenindo sua exaustão.

Para o K, o uso do fertilizante mineral também disponibilizou maiores concentrações devido, principalmente, aos maiores teores de K encontrados em fertilizantes minerais como o KCl. No entanto, em trabalho realizado por Gonçalves Júnior *et al.* (2013), os teores de K em plantas de hissopo (*Hyssopus officinalis*) em função de adubações orgânica e mineral, não foram influenciados significativamente, inferindo-se, desta forma, que o composto orgânico possa disponibilizar o nutriente K em quantidades elevadas.

Para as concentrações de Cu e Mn observa-se uma maior concentração quando utilizado o fertilizante orgânico. O baixo teor de Cu no tecido vegetal pode ser explicado devido à competição pela absorção celular deste com o Mn, o qual apresentou um teor superior ao Cu, auxiliado ainda pelo fato de que o excesso de um reduz a concentração do outro (LIMA *et al.*, 2007). Além disso, de acordo com Kabata-Pendias e Pendias (2001), este fato pode ser atribuído à forte complexação que esse elemento sofre pela matéria orgânica.

Teores de Mn entre 20 e 500 mg kg<sup>-1</sup> são considerados adequados para o crescimento e desenvolvimento normais das plantas (FURLANI, 2004).

Com os resultados apresentados na Tabela 9, observa-se que, com aplicação da dose recomendada e o dobro da dose, os nutrientes N, Ca e Mn foram encontrados em maiores concentrações. O P apresentou maior concentração apenas com a aplicação do dobro da dose recomendada, já o Cu apenas com a dose recomendada. O Fe obteve um nível mais elevado sem fertilização, este fato pode ter ocorrido devido ao aumento considerável de Mn nas plantas com o aumento das doses. O Mn e o Fe são antagônicos, assim a elevada concentração de Mn inibe a absorção de Fe.

Os teores de N na planta de estragão aumentaram significativamente com o aumento da dose aplicada, resultado também obtido por Gonçalves Júnior *et al.* (2013). Este resultado pode ser atribuído ao aumento da disponibilidade de N que proporcionou incremento na produção de matéria seca e elevação da concentração do elemento no tecido vegetal.

Para o P e o Ca, com a aplicação do dobro da dose recomendada de fertilizante, ambos apresentaram maiores concentrações no tecido vegetal. Em estudos realizados com plantas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) por Neves *et al.* (2004), observou-se que as

**Tabela 9** - Médias das concentrações de N, P, Cu, Zn, Fe e Mn nas plantas de estragão em função das doses de fertilizante

Doses	N	P	Ca	Cu	Fe	Mn
	g kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>		
D0	35,22 b	2,91 b	13,15 b	12,16 b	100,00 a	173,62 b
D1	43,10 a	3,61 b	14,32 ab	24,75 a	41,37 b	288,00 a
D2	47,14 a	4,97 a	15,72 a	17,12 b	29,37 b	297,25 a
DMS	4,99	1,09	1,89	5,39	37,76	45,00

Para cada tipo de dose, médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa

plantas responderam à aplicação de P com o incremento inicial no acúmulo dos elementos estudados (N, P, K, Ca, Mg e S) e, a partir de doses maiores, a resposta à adubação passou a decrescer.

Os teores de Cu nas plantas foram maiores apenas com aplicação da dose recomendada. Bertoni *et al.* (1999) afirmam que a complexação do Cu pela matéria orgânica determina o comportamento desse elemento na maioria dos solos e consequentemente sua disponibilidade às plantas.

Na Tabela 10 podem ser observadas as concentrações de N, P, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na interação entre fertilização e dose. A concentração de N apresentou-se maior quando as plantas de estragão foram cultivadas com o dobro da dose recomendada de fertilizante orgânico. Para o P a maior concentração foi constatada utilizando o fertilizante orgânico no dobro da dose.

Para o nutriente K, foi encontrado maior concentração quando as plantas foram cultivadas com fertilização mineral, utilizando o dobro da dose recomendada, fato que pode estar relacionado ao baixo teor deste nutriente no composto orgânico ou pode ter ocorrido um comportamento de antagonismo por Mn (SOARES *et al.*, 2001).

As maiores concentrações de Ca apresentaram-se nas plantas de estragão cultivadas com a dose recomendada e o seu dobro de fertilização mineral; este resultado pode ser atribuído à realização de calagem que aumentou a disponibilidade e absorção deste nutriente pelas plantas.

O Cu apresentou seus teores mais elevados quando as plantas foram cultivadas com fertilizante orgânico na dose recomendada. Bertoni *et al.* (1999) constataram que o Cu é um metal de ocorrência em baixas concentrações no solo e sua dinâmica é bastante afetada pelas características

do mesmo. Os mesmos autores constataram que a complexação do Cu pela matéria orgânica é considerada a reação de maior importância para determinar o comportamento deste elemento na maioria dos solos e consequente disponibilidade às plantas.

Os teores de Zn foram maiores utilizando o fertilizante mineral na dose recomendada e o fertilizante orgânico com o dobro da dose. Estes resultados podem ser explicados pelo fato que o Zn é um elemento que tem seu metabolismo afetado pelas alterações que o mesmo pode sofrer com elementos como Cd, Ca, Cu, Fe, Mn e Se (MATTIAS, 2010). De acordo com Abreu; Lopes e Santos (2007), alguns solos, principalmente os arenosos, quando recebem doses de corretivos para elevar o pH acima de 6,0 podem desenvolver séria deficiência de Zn.

As maiores concentrações de Mn foram observadas ao cultivar as plantas de estragão com fertilização orgânica na dose recomendada e o dobro da dose. Salvador *et al.* (2003) afirmam que este nutriente é considerado um elemento essencial à planta, porém em altas concentrações na forma trocável e solúvel, pode ocasionar toxicidade aos tecidos vegetais, afetando a parte aérea e o acúmulo nas folhas.

Altos níveis de Pb foram encontrados no tecido foliar quando as plantas de estragão foram cultivadas com fertilização orgânica com o dobro da dose recomendada. É um elemento facilmente absorvido e acumulado nas plantas em diferentes partes delas (SHARMA; DUBEY, 2005).

O transporte de metais a partir das raízes para a parte aérea inclui longa distância na translocação para o xilema e armazenamento no vacúolo das células da folha. Estes processos sofrem interferência de muitos fatores, entre eles o tipo de solo, forma de adubação e doses de adubação (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001).

**Tabela 10** - Médias das concentrações de N, P, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn nas plantas de estragão na interação entre fertilização e doses

Elementos	Fertilizantes	-----Doses-----			DMS
		D0	D1	D2	
N (g kg <sup>-1</sup> )	Orgânico	40,38 aB	40,69 aB	49,22 aA	7,06
	Mineral	45,50 aA	45,50 aA	45,06 aA	
	DMS	5,81			
P (g kg <sup>-1</sup> )	Orgânico	4,01 aB	4,21 aB	5,95 aA	1,54
	Mineral	4,81 aA	3,01 aB	3,98 bAB	
	DMS	1,27			
K (g kg <sup>-1</sup> )	Orgânico	39,65 aA	50,90 aA	40,40 bA	16,40
	Mineral	49,40 aA	50,75 aA	54,50 aA	
	DMS	13,50			
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	Orgânico	13,21 aA	14,66 aA	14,99 aA	2,67
	Mineral	13,09 aB	13,97 aAB	16,45 aA	
	DMS	2,20			
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Orgânico	13,75 aB	29,00 aA	18,75 aB	7,62
	Mineral	10,57 aB	20,50 bA	15,50 aAB	
	DMS	6,27			
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Orgânico	28,75 aAB	27,25 bB	35,75 aA	8,38
	Mineral	27,50 aB	38,00 aA	28,25 bB	
	DMS	6,90			
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Orgânico	85,75 aA	33,75 aA	32,50 aA	53,40
	Mineral	126,25 aA	49,00 aB	26,25 aB	
	DMS	43,94			
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Orgânico	182,00 aB	424,25 aA	452,25 aA	63,63
	Mineral	165,25 aA	151,75 bA	142,25 bA	
	DMS	52,36			
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	Orgânico	12,00 aA	8,00 aA	12,75 aA	5,50
	Mineral	8,50 aA	8,75 aA	7,75 bA	
	DMS	4,53			

Para cada parâmetro, médias seguidas de letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si, e médias seguidas de letra maiúscula, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa

## CONCLUSÕES

1. Tanto as fontes quanto as doses de fertilização influenciaram na disponibilidade dos elementos avaliados para as plantas de estragão (*Artemisia dracunculus*);
2. A fertilização orgânica disponibilizou maiores concentrações dos elementos Cu e Mn;
3. A fertilização mineral disponibilizou maiores teores dos elementos N e K. Os metais pesados Cd e Cr

- não apresentaram concentrações dentro do limite detectado pelo método utilizado e, não houve diferença significativa para o Mg;
4. Por se tratar de um resíduo da atividade agropecuária, a utilização deste, promove a sustentabilidade dos agroecossistemas, ao transformar esse material, um poluidor em potencial, em um ótimo fertilizante, fornecendo os nutrientes necessários às plantas e diminuindo os impactos ambientais por ele gerados.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 18. ed. Maryland: AOAC, 2005.
- BERTONI, J. C. *et al.* Efeito do cobre na nutrição do arroz irrigado por inundação - teores e acúmulo de nutrientes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 3, p. 547-559, 1999.
- INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO. **Produtor de plantas medicinais**: Cadernos tecnológicos. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2004.
- CARVALHO, H. H.; WIEST, J. M.; GRECO, D. P. Atividade antimicrobiana e a preditividade do codimento *Artemisia dracunculus* Linn. (Asteraceae), variedade inodora - estragão-, frente à *Salmonella* sp. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 75-79, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro nacional e pesquisa em solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- FREIRE, M. F. I. Plantas medicinais: a importância do saber cultivar. **Revista Científica Eletrônica Agronomia**, ano III, n. 5, p. 1-9, 2004.
- FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.
- GONÇALVES JÚNIOR, A. C. *et al.* Teores de nutrientes e metais em *Hyssopus officinalis* cultivado em solo argiloso com fertilização orgânica e mineral. **Científica**, v. 41, n. 2, p. 251-261, 2013.
- JANJAI S.; TUNG P. Performance of a solar dryer using hot air from roof-integrated solar collectors for drying herbs and spices. **Renewable Energy**, v. 30, n. 14, p. 2085-2095, 2005.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413 p.
- LACERDA, M. J. R.; FREITAS, K. R.; SILVA, J. W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 3, p. 185-190, 2009.
- LIMA, J. C. P. S. *et al.* Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco determinados em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 73-79, 2007.
- MALEKI, A.; ZARASVAND, M. A. Heavy metals in selected edible vegetables and estimation of their daily intake in Sanandaj, Iran. **The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health**, v. 39, n. 2, p. 335-340, 2008.
- MATTIAS, J. L. *et al.* Copper, zinc and manganese in soils of two watersheds in Santa Catarina with intensive use of pig slurry. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1445-1454, 2010.
- MATTOS, S. H. Perspectivas do cultivo de plantas medicinais para a fitoterapia no Estado do Ceará. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 45-46, 2000.
- NEVES, O. S. C. *et al.* Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 343-349, 2004.
- OBOLSKIY, D. *et al.* *Artemisia dracunculus* L. (tarragon): a critical review of its traditional use, chemical composition, pharmacology, and safety. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 21, p. 11367-11384, 2011.
- PAVAN, M. A. *et al.* **Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992.
- RAIJ, B. V. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. Campinas: IAC, 1997. p. 93-95 (Boletim Técnico, 100).
- SALVADOR, J. O. *et al.* Influência do boro e do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de goiabeira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 2, p. 325-331, 2003.
- SANTOS, R. H. S. *et al.* Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1395-1398, 2001.
- SHARMA, P.; DUBEY, R. S. Lead toxicity in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 1, p. 35-52, 2005.
- SOARES, C. L. R. F. S. *et al.* Acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de árvores em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 13, n. 3, p. 302-315, 2001.
- VED, D. K.; GORAYA, G. S. **Demand and Supply of Medicinal Plants in India**. Bangalore, India: NMPB, New Delhi & FRLHT, 2007. 211 p.
- WELZ, B.; SPERLING, M. **Atomic Absorption Spectrometry**. 2. ed. Weinheim: Wiley- VCH, 1999. 941 p.
- YAICHIBE, T.; MASANORI, K.; KENICHI, A. Morphological characters and essential oil in *Artemisia dracunculus* (French Tarragon) and *Artemisia dracuncloides* (Russian Tarragon). **Journal of Agricultural Science**, v. 41, n. 4, p. 229-238, 1997.